

This application is based on Japanese Patent Application Nos. 11-239586 (1999) filed August 26, 1999, and 2000-078847 (2000) filed March 21, 2000, the contents of which are incorporated hereinto by reference.

5

BACKGROUND OF THE INVENTION

FIELD OF THE INVENTION

10 本発明は、パターン検査装置、パターン検査方法および記録媒体に関し、より具体的には、例えば、設計データに従い作成された、半導体（LSI）や液晶パネルおよびそれらのマスク（レチクル）などの微細パターンを検査するためのパターン検査装置、パターン検査方法および記録媒体に関する。

15

DESCRIPTION OF THE RELATED ART

半導体集積回路の製造工程におけるウェーハのパターン検査、あるいはそのパターン形成用のマスクのパターン検査には、ダイ・ツー・ダイ(die to die)比較と呼ばれる方法を用いた光学式パターン検査装置が使われている。この検査方法は、検査対象のダイとその近接ダイの同じ位置から得られる画像どうしを比較することで欠陥を見つける方法である。

一方、近接ダイの存在しないレチクルと呼ばれるマスクの検査には、ダイ・ツー・データベース(die to database)比較と呼ばれる方法が採用されている。すなわち、CADデータを画像フォーマットに変換して近接ダイの代わりとし、前述同様の検査をする方法が使われている。当該技術は、たとえば米国特許5563702号“Automated photomask inspection apparatus and method”に記載されている。ただし、この手法では、ウェーハに形成さ

現在、マスクについては、CADデータに正確に一致する必要があるため、ダイ・ツー・データベース比較方式での検査が実用化されている。しかしながら、ウェーハに転写されたパターンは電気特性などが保証される範囲でパターン変形が許されており、実際に露光条件の違いなどからパターン変形がかなりの程度発生している。

また、前述のダイ・ツー・ダイ比較方式のパターン検査方法では、システムティック欠陥とよばれる、マスク不良などを原因としてウェーハ上の全ダイにおいて共通に発生する欠陥は検出できない。すなわち、検査対象のダイ及びその比較対象の近接ダイの両方に同じ欠陥が発生しているため、両者を比較したのでは違いがわからないからである。

そこで、計算コストなどで問題があり実用化には至っていないが、CADデータとウェーハ画像とのマッチング検査が提案されている。たとえば、NEC技報V o l . 5 0 N o . 6 / 1 9 9 7 の「電子ビームテストを用いたロジックL S I の自動故障箇所トレース法」がある。この文献では、配線エッジのX、Y軸へのプロジェクションを用いる方法、配線コーナーに着目した方法、遺伝的アルゴリズムを応用した方法が記述されている。また、この文献で採用した方法として、エッジを直線近似した後に閉領域を抽出し、この閉領域を使うマッチング方法が説明されている。しかし、これらいずれの方法も高速検査に使用可能な速度を実現できず、さらに、パターンの変形量を検出しながらマッチングすることができない。

ダイ・ツー・ダイ比較を用いた検査方法では、欠陥の位置について、検査装
10 置のステージ精度及び光学系精度に起因する誤差をもっており、その誤差は配
線パターン幅より10倍程度以上大きい。これが原因で、形成したいパターン
（設計パターン）に欠陥位置を投影しても、パターンの欠陥位置を正確に特定
することができない。

15 近年、集積回路のパターン幅は露光プロセスで使用する光源波長程度か、もしくはそれを下回るようになってきており、このようなパターン形成には、光近接効果補正（Optical Proximity Correction：OPC）パターンを付加する方法が採用されている。これは、設計データにOPCパターンを付加したものでマスクを形成し、これにより露光することで、製造されるウェーハ上の実パターンを設計データに近づける技術である。

20 OPCパターンがウェーハのパターンに補正として有効に作用しているかどうかは、従来のダイ・ツー・ダイ比較では検査できない。したがって、その解決方法、たとえばウェーハのパターンと設計データとの比較検証を、許容パターン変形量を考慮して行える手法が求められている。

また、例えばシステムオンチップ（SOC）で見られる多品種少量生産では、
25 短納期が求められている。このような場合に、最終検査である電氣的検査でシステムティック欠陥を発見しても、短納期に对应されない場合がある。この対策として、露光プロセスの各段階で設計データとの差異をモニタする要求が発

また現在では、パターン変形の評価として、リソシミュレータなどによりデザインチェックが行われている。このシミュレーションの正当性を検証するために、リソシミュレータが出力したパターン（シミュレーションパターン）と実パターンとの比較検討手段が必要とされている。

また、設計データに対するパターン変形量を求めることにより、回路設計上の技術を向上させることがますます重要になっている。

ところで、現在、半導体集積回路の製造工程におけるウェーハのパターン線幅管理用に、CD-SEM (Critical Dimension Scanning Electron Microscope) が用いられている。このCD-SEMは、ショットと呼ばれるステッパの一転写単位ごとに、指定された位置にある直線パターンの線幅をラインプロファイルを使って自動的に測長するものである。この測長を、1ロットあたり数枚のウェーハにおける数ショットに対して数ヶ所実施し、ステッパの転写機能が正常かどうか、nm単位で管理することができる。

回路パターンの管理としては線幅以外にも、配線終端の縮み、孤立パターンの位置なども重要であるが、CD-SEMの自動測長機能は1次元対応で線幅など長さしか測定できない。したがって、これら2次元形状の測定は、CD-SEMや他の顕微鏡から得られた画像を操作者が目視することにより実施されている。

光近接効果補正（OPC）は、直線パターンの線幅を確保するのはもとより、コーナーや孤立パターンの形状形成にも重要な役目を担っている。またさらに、動作周波数の向上により現在では、ゲート線幅に加えて、エンドキャップやフ

25 イールドエクステンションと呼ばれるゲート配線パターンの先端や付け根の形状管理も重要になってきている。

このような2次元パターンの形状測定は、製造工程での抜き取り検査でも、

試作段階でも重要であり、特に試作段階では、ウェーハ全面についてパターン形成の検査が必要とされる。

しかし、上述のように２次元形状の管理は人的作業によっているのが現状で、正確性、生産性の面から自動化が求められている。

5

SUMMARY OF THE INVENTION

そこで、本発明の目的は、検査対象パターン画像と基準パターンとの比較検査を実時間で行うことである。

10 また、本発明の別の目的は、電氣的に許容される範囲内での形状差を許容してマッチングを行うことである。

また、本発明の別の目的は、安定した欠陥検出を行うことである。

さらに、本発明の別の目的は、これまで目視で行われていた２次元パターン（検査対象パターン画像）の測定を定量的に高速に自動実施可能とすることである。
15

上記目的を達成するために、本発明の第１の側面において、本発明に係るパターン検査装置は、検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの
20 画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備える。

ここで、前記検査手段は、前記検査対象パターン画像のエッジと前記基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターン画像と前記基
25 準パターンとのマッチングを行うものとすることができる。

ここで、前記マッチングは、前記検査対象パターン画像のエッジを膨張させて行うものとすることができる。

ここで、前記マッチングは、前記基準パターンのエッジを膨張させて行うものとすることができる。

ここで、前記マッチングは、各ピクセルにおける前記検査対象パターン画像のエッジの振幅と前記基準パターンのエッジの振幅との積の総和を評価値として行うものとすることができる。

ここで、前記マッチングは、各ピクセルにおける前記検査対象パターン画像のエッジベクトルと前記基準パターンのエッジベクトルとの内積の総和、または該内積の絶対値の総和を評価値として行い、前記エッジベクトルはエッジの振幅をその大きさとして有し、エッジの方向をその方向として有するものとする
10 ことができる。

ここで、前記マッチングは、前記基準パターンの部分ごとに重み付けを変えて行うものとすることができる。

ここで、前記検査手段は、前記基準パターンの各ピクセルのエッジを、前記実パターン画像の各ピクセルのエッジと対応づけるものとすることができる。

ここで、前記対応づけは、前記基準パターンの各ピクセルのエッジと前記検査対象パターン画像の各ピクセルのエッジとの距離、および両エッジの方向差を考慮して行うものとする
15 ことができる。

ここで、前記検査手段は、前記対応づけを行うことができなかった前記検査対象パターン画像のエッジに基づき領域を構成し、該領域を欠陥領域として認識するもの
20 とすることができる。

ここで、前記検査手段は、前記対応づけを行うことができた前記検査対象パターン画像のエッジに基づき領域を構成し、該領域のうち輝度の分布が非一様である領域を検出し、該領域を欠陥領域として認識するもの
25 とすることができる。

ここで、前記検査手段は、前記欠陥領域の幾何学的特徴量に基づいて欠陥種を判定するものとする
30 ことができる。

ここで、前記検査手段は、前記欠陥領域の輝度に関する特徴量に基づいて欠

ここで、前記検査手段は、前記基準パターンに対する、前記検査対象パターンのパターン変形量を計算するものとして行うことができる。

ここで、前記パターン変形量には、位置ずれ量、倍率変動量、および線幅の
5 太り量の少なくとも1つが含まれるものとしてすることができる。

ここで、前記検査手段は、前記基準パターンにパターンの属性を付加するものとすることができる。

ここで、前記検査手段は、前記検査対象パターン画像上でプロファイルを取り、該プロファイルごとに所定の点を検出し、検出した点に関して曲線近似を行って、前記検査対象パターン画像のエッジとするものとして行うことができる。

本発明の第2の側面において、本発明に係るパターン検査方法は、検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査方法であって、前記検査対象パターンの画像を入力する入力ステップと、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと記憶手段に記憶された前記基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査ステップと、前記検査の結果を出力する出力ステップとを備える。

本発明の第3の側面において、本発明に係る記録媒体は、検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、前記パターン検査方法は、前記検査対象パターンの画像を入力する入力ステップと、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと記憶手段に記憶された前記基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査ステップと、前記検査の結果を出力する出力ステップとを備える。

以上の構成によれば、検査対象パターン画像と基準パターンとの比較検査を
25 実時間で行うことができる。

また、電氣的に許容される範囲内での形状差を許容してマッチングを行うことができる。

また、安定した欠陥検出を行うことができる。

さらに、これまで目視で行われていた２次元パターン（検査対象パターン画像）の測定が定量的に高速に自動実施可能となる。

The above and other objects, effects, features and
5 advantages of the present invention will become more apparent
from the following description of embodiments thereof taken in
conjunction with the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

10

図１は、設計データに基づく理論上のパターンの例を示す図である。

図２は、設計データに基づいて実際に製造されたパターンの例を示す図である。

図３は、本発明の実施形態に係るパターン検査装置が行う検査処理の概要を示す図である。
15

図４は、本発明の実施形態におけるパターン検査装置のハードウェア構成例を示す図である。

図５は、本発明の実施形態におけるパターン検査装置の機能ブロック図を示す図である。

20 図６は、本発明の実施形態におけるレシピ登録処理の例を示すフローチャートである。

図７は、基準パターンの補正例を示す図である。

図８は、逐次検査を説明するための図である。

図９は、ランダム検査を説明するための図である。

25 図１０は、基準パターンの例を示す図である。

図１１は、図１０の基準パターンをピクセルごとのエッジベクトルに変換した例を示す図である。

図１３Ａ～図１３Ｄは、本発明の実施形態における検査処理の例を示すフローチャートである。

- 5 図14は、パターン内部と下地にコントラストが付く画像（検査対象パターン画像）の例を示す図である。

図15は、図14の画像から検出したエッジを示す図である。

図 16 は、輪郭のみが明るい画像（検査対象パターン画像）の例を示す図である。

- 10 図 1 7 は、図 1 6 の画像から検出したエッジを示す図である。
- 図 1 8 は、1 次元の検査対象パターン画像のエッジ振幅の例を示す図である。
- 図 1 9 は、図 1 8 のエッジを膨張させた例を示す図である。
- 図 2 0 は、1 次元の基準パターンのエッジの振幅の例を示す図である。
- 図 2 1 は、図 1 8 のエッジを膨張させた別の例を示す図である。
- 15 図 2 2 は、1 次元の基準パターンのエッジの振幅の別の例を示す図である。
- 図 2 3 は、図 1 8 のエッジを膨張させた別の例を示す図である。
- 図 2 4 は、スムージングフィルタの例を示す図である。
- 図 2 5 は、2 次元の検査対象パターン画像のエッジの振幅の例を示す図であ
る。

図18は、1次元の検査対象パターン画像のエッジ振幅の例を示す図である。

図19は、図18のエッジを膨張させた例を示す図である。

図 20 は、1 次元の基準パターンのエッジの振幅の例を示す図である。

図 2 1 は、図 1 8 のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

- 15 図 2 2 は、1 次元の基準パターンのエッジの振幅の別の例を示す図である。

図 2 3 は、図 1 8 のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

図 2 4 は、スムージングフィルタの例を示す図である。

図 2 5 は、2 次元の検査対象パターン画像のエッジの振幅の例を示す図である。

- 20 図26は、図25のエッジを膨張させた例を示す図である。

図 27 は、図 25 のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

図 28 は、2 次元の検査対象パターン画像のエッジベクトルの振幅の例を示す図である。

図 29 は、図 28 のエッジベクトルを膨張させた例を示す図である。

- 25 図30は、図28のエッジベクトルを膨張させた別の例を示す図である。

図 3 1 は、図 1 0 の基準パターンをピクセル単位のエッジベクトルで表した別の図である。

図 3 2 は、マッチングを説明するための図である。

図 3 3 および図 3 4 は、図 2 9 と図 3 1 とを重ね合わせた図である。

図 3 5 A は、基準パターンの例を示す図である。

図 3 5 B は、検査対象パターン画像の例を示す図である。

5 図 3 6 は、配線の間隔と下地の間隔とが同じ場合の例である。

図 3 7 A は、基準パターンの例を示す図である。

図 3 7 B は、図 3 7 A の基準パターンと検査対象パターン画像との関係の例を示す図である。

10 図 3 8 は、マッチングを行った後の検査対象パターン画像のエッジおよび基準パターンのエッジの例を示す図である。

図 3 9 A は、検査対象パターン画像のエッジの例を示す図である。

図 3 9 B は、基準パターンのエッジの例を示す図である。

図 4 0 は、方向情報の付与手法の他の例を示す図である。

図 4 1 は、検査対象パターン画像の例を示す図である。

15 図 4 2 は、輝度値に対する頻度の分布の例を示す図である。

図 4 3 A は、基準パターンのエッジ、および検査対象パターン画像のエッジの例を示す図である。

図 4 3 B は、図 4 3 A に示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す図である。

20 図 4 4 A は、基準パターンのエッジ、および検査対象パターン画像のエッジの別の例を示す図である。

図 4 4 B は、図 4 4 A に示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す図である。

図 4 5 は、パターンの属性の例について示す図である。

25 図 4 6 A および図 4 6 B は、先端の位置ずれ量を示す図である。

図 4 7 は、孤立パターンの重心の位置ずれ量を示す図である。

図 4 8 A は、基準パターンのエッジのコーナーの例を示す図である。

図 4 8 B は、検査対象パターン画像のエッジのコーナーの例を示す図である。

図 4 9 は、プロファイル取得区間の例を示す図である。

図 5 0 は、リソシミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線を示す図である。

5 図 5 1 は、図 4 9 の一部（B の部分）を拡大した図である。

図 5 2 は、図 5 1 の一部（C の部分）を拡大した図である。

図 5 3 は、プロファイルの例を示す図である。

図 5 4 A および図 5 4 B は、第 2 のエッジ位置（点）に基づいて曲線近似を行い、第 2 のエッジを求めた例を示す図である。

10 図 5 5 A は、プロファイル取得区間の別の例を示す図である。

図 5 5 B は、検査対象パターン画像の第 1 のエッジと第 2 の基準パターンとの関係の例を示す図である。

図 5 6 は、高倍画像および低倍画像を用いて測長を行う例を示す図である。

15 DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

以下、図面を参照しつつ本発明の好ましい実施形態について詳しく説明する。

図 1 は、設計データに基づく理論上のパターンの例を示す図であり、図 2 は、設計データに基づいて実際に製造されたパターン（実パターン）の例を示す図
20 である。図 2 に示すように、実パターンには、短絡欠陥があったり、粒子付着による欠陥があったり、許容変形量内の変形があったりする。したがって、設計データに基づいて理論上得られるパターンとは、いくらか異なったものになる。

本実施形態に係るパターン検査装置は、検査対象パターン（例えば、図 2 に
25 示すようなパターン）を、基準パターン（例えば、図 1 に示すようなパターン）と比較して検査する。

図 3 は、本実施形態に係るパターン検査装置が行う検査処理の概要を示す図

である。検査処理では、まず、検査対象パターンの画像から第1のエッジを検出する。次に、第1のエッジと第1の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターン画像と基準パターンとのマッチングを行う。マッチングを行った結果、シフト量 S_1 が求まるので、このシフト量 S_1 を用いて第1の基準パターンをシフトする。そして、第1のエッジとシフトした第1の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターン（実パターン）を検査する。この第1の検査では、パターン変形量を求めたり、欠陥を検出したりする。パターン変形量の1つとしてシフト量 S_2 が求まる。

次に、検査対象パターン画像から第2のエッジを検出するため、対応する第2の基準パターンをシフト量 $S_1 + S_2$ 分シフトする。シフトした第2の基準パターンを用いて、検査対象パターン画像上でプロファイルを求め、第2のエッジを検出する。そして、第2のエッジとシフトした第2の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターンを検査する。この第2の検査においても、パターン変形量を求めたり、欠陥を検出したりする。パターン変形量の1つとしてシフト量 S_3 が求まる。

図4は、本実施形態におけるパターン検査装置のハードウェア構成例を示す図である。本実施形態に係るパターン検査装置は、主制御部1、記憶装置2、入出力制御部3、入力装置4、表示装置5、印刷装置6および画像生成装置7を備える。

主制御部1はCPU等により構成され、装置全体を統括的に制御する。主制御部1には記憶装置2が接続されている。記憶装置2は、ハードディスク、フレキシブルディスク、光ディスク等の形態をとることができる。また、主制御部1には、入出力制御部3を介して、キーボード、マウス等の入力装置4、入力データ、計算結果等を表示するディスプレイ等の表示装置5、および計算結果等を印刷するプリンタ等の印刷装置6が接続されている。

主制御部1は、OS (Operating System)等の制御プログラム、パターン検査のためのプログラム、および所要データ等を格納するための内部メモリ（内

基準パターンに対して、コーナーに丸みをつける処理を行ってもよい。図7
5に示すように、通常、設計データは、鋭角をもった多角形（図中点線）である
一方、実際に形成される回路パターンはコーナーに丸みがつく。そこで、コー
ナー部分に円、楕円、直線、もしくは他の方法で記述した曲線を適用し、実際
のパターンに近くなるように補正してもよい。

基準パターンに設計データを使えば、実現したいパターンとの比較検査を行う欠陥検査になる。この場合は、許容パターン変形量として電気特性に影響しない許容量を設定する。この許容パターン変形量は、配線の属性ごとに設定でき、さらに、パターンの込み入っている場所とそうでない場合とで可変にすることも可能である。

基準パターンにリソシミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する
15 曲線（図50の実線）を使えば、シミュレーションの正当性を検証しながらの
欠陥検査が可能になる。リソシミュレータの出力データは、光学的にシミュレ
ートして得られた光強度分布である。この分布から外形の曲線を得る。この場
合の許容パターン変形量は、シミュレーションとして許される誤差を設定する。

本実施形態においては、基準パターンに設計データを使っている。

図6は、本実施形態におけるレシピ登録処理の例を示すフローチャートである。まず、オペレータは、入力装置4を介して基準パターン生成部11に、設計データ検索用パラメータ（ここでは、検査対象サンプルの品種、およびプロセスを指定するパラメータ）、検査モード、画像取得パラメータ（検査領域、画像サイズ、ピクセル数、ウェーハを特定するためのスロット番号、および光学系の調整パラメータ）、ならびにエッジ検出および検査のためのパラメータを入力する（ステップS202）。

エッジ検出および検査のためのパラメータとしては、以下の情報を設定する。

(R2) 許容パターン変形量の一側の限界および+側の限界、ならびにエッジの許容方向差の限界

(R3) 画質から経験的に決められるエッジ検出パラメータ

- 5 (R4) パターンの属性（コーナー、直線部分、端点、孤立パターン等）を自動的に認識するための抽出ルール

(R5) プロファイル取得区間の長さ、プロファイル取得区間とプロファイル取得区間との間隔、プロファイル取得区間で輝度値を調べる間隔、およびプロファイルをとる方法（しきい値法を使うかなど）

- 10 (R6) プロファイル取得区間を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグ

基準パターン生成部 11 は、設計データ検索用パラメータ（検査対象サンプルの品種、およびプロセス）をキーとして基幹データベース 21 を検索し、設計データを取り出す（ステップ S204）。基幹データベース 21 は、検査対象パターン画像に対する設計データ（CAD データ）を格納したデータベースである。

次に、基準パターン生成部 11 は、設計データに基づき基準パターンを生成する（ステップ S206）。

20 検査対象パターン画像から検出されるエッジの位置に最も適したように設計
データに対し、シュリンク処理（倍率を変える処理）、サイズ処理（線幅を変
える処理）などを施す必要がある場合がある。また、第1のエッジ検出と第2の
エッジ検出とでは一般的に検出するエッジの位置が異なるので、必要があれば、
第1エッジ検出用、および第2エッジ検出用に基準パターンを2種類用意する。

検査は、入力された検査領域を、画像サイズで分割して得られる検査単位領
25 域ごとに行われるので、基準パターンもそれに合わせて生成する。検査には、
逐次検査およびランダム検査がある。

図 8 は、逐次検査を説明するための図である。検査領域は通常、長方形の和

図 9 は、ランダム検査を説明するための図である。ランダム検査においては、ある領域を逐次に検査するのではなく、ピンポイントに検査する。図 9 では、検査単位領域 301～304 についてのみ検査を行う。

図10は基準パターンの例を示す図であり、図11は図10の基準パターンをピクセルごとのエッジベクトルに変換した例を示す図である。図10において、基準パターン（点線）はサブピクセル精度で示されている。通常、基準パターンのエッジ方向は、ピクセルの横方向（x方向）または縦方向（y方向）に平行である。基準パターンのエッジも、検査対象パターン画像のエッジと同様に、ピクセルごとに開始点（サブピクセル精度）、方向、および振幅の情報を有する。本実施形態においては、基準パターンのエッジの振幅をすべて1にしている。

図 1 2 に示すように、基準パターンに曲線が含まれる場合がある。曲線を含む基準パターンをエッジベクトルに変換するには、例えば、ピクセルの中心 2 6 1 に最も近い基準パターン上の点 2 6 2 での接線 2 6 3 をエッジベクトルにする方法がある。

次に、基準パターン生成部 11 は、基準パターン、検査対象サンプルの品種、プロセス、および検査モード、画像取得パラメータ、ならびにエッジ検出および検査のためのパラメータを、レシピデータベース 22 に登録する（ステップ S208）。これらのデータは、検査用パラメータの組であるレシピと呼ばれ、品種、プロセス、および検査モードをキーにして管理される。

(検査処理)

図13A～図13Dは、本実施形態における検査処理の例を示すフローチャ

検査部 12 は、レシピ検察用パラメータをキーとしてレシピデータベース 22 を検索し、レシピを取り出す（ステップ S304）。そして、検査対象パターン画像（光学画像、電子線画像、フォーカスイオンビーム画像、プローブ顕微鏡画像など）を取得するため、画像生成装置 7 に対して画像取得パラメータを指示し、スロット搬送、アライメント、および光学系の調整を指示する（ステップ S306）。アライメントとは、CAD データが使用している座標系と実ウェーハ観察位置を管理する座標値との変換係数を求める機能をいう。これは CAD ナビゲーションで具現化されている。CAD ナビゲーションは、アライメントの後に、CAD データ上の観察したい座標値を実ウェーハの観察位置を管理する座標値に変換し、その位置へ撮像装置の視野を移動させて、その位置の画像を入手する方法で、よく知られているものである。

15 画像生成装置7としては、通常使用されているウェーハ欠陥検査装置やCD-SEMもしくは各種顕微鏡を使用することができる。

画像生成装置 7 は、検査単位領域ごとに、検査対象パターン画像（およびその中心位置）を検査部 12 に出力する（ステップ S 308）。

(第1のエッジ検出)

20 次に、検査部12は、検査対象パターン画像から第1のエッジ検出を行う（ステップS310）。エッジ検出としては、例えば次の2つの手法がある。

(A) 1つは、パターン内部と下地との間にコントラストがある場合に適した手法である。このような画像の多くは2値化処理でエッジを検出できるが、コントラストが比較的明瞭でない場合は明確にエッジを検出できない。このとき

25 ときにはたとえば、[文献1]: R.M.Haralick, "Digital step edges from ZERO crossing of second directional derivatives", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI-6, No.1, pp.58-68,

1984 年開示の方法を応用するなどしてエッジを求めることができる。この方法によれば、エッジ部分の変曲点をピクセル単位の $1/10$ 程度の精度で得ることができる。

- (B) もう一つは、エッジのみが明るく、パターン内部と下地にコントラスト
- 5 トがつかない場合に対処可能な手法で、たとえば[文献2]: “Cartan Steger. An unbiased detector of curvilinear structures”, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 20(2), February 1998 年開示の方法によりエッジを求めるものである。この方法によれば、エッジ部分の峰をピクセル単位の $1/10$ 程度の精度で得ることができる。ただし、この手法では
- 10 エッジの方向は $0 \sim 180$ 度の値のみをもつ。すなわちパターンの内部を特定できない。

- パターン内部と下地との間にコントラストがある画像に微分フィルタ（例えば、Sobel フィルタやバンドパスフィルタ）をかけて得られたエッジ振幅画像を使って、上記の方法でエッジを求めてもよい。この場合はパターン内部
- 15 の判別をつけられ、エッジの方向を特定できる。

これらの方法はある程度大きな窓を使った処理であるので、ピクセル単位の $1/10$ 程度の精度が得られるだけでなく、エッジの方向も安定している。このことは、エッジを連結して直線近似をする必要が必ずしもないことを意味している。

- 20 ステップ S310 のエッジ検出では、検査対象パターン画像からピクセル単位でエッジの振幅および方向を求める。振幅は、明確なエッジであるほど大きい値を取る。(A) パターン内部と下地との間にコントラストがある画像の場合には、例えば上述の文献1の方法を用いて、画像の1次微分値の絶対値を振幅とし、画像の2次微分値のゼロクロス点をエッジ位置とすることができる。一
- 25 方、(B) エッジのみが明るい画像の場合には、例えば上述の文献2の方法を用いて、画像の2次微分値の符号反転値（絶対値）を振幅とし、画像の1次微分値のゼロクロス点をエッジ位置とすることができる。いずれの場合もエッジは

サブピクセル精度で得られる。(A)の画像の場合は、0度から360度までの方向を定義できるが、(B)の画像の場合は、0度から180度までの方向のみ定義可能である。これは(B)の画像では、パターンの内部を局所情報から特定できないことが原因である。

- 5 図14は(A)パターン内部と下地との間にコントラストがある画像(検査対象パターン画像)の例を示す図であり、図15は図14の画像から検出したエッジを示す図である。図14には、ピクセルごとにその輝度値が示されている。図15に示すように、エッジはピクセルごとに検出され、ピクセルごとに開始点(サブピクセル精度)、方向(0~360度)、および振幅の情報が得られる。振幅は、上述のように、明確なエッジであるほど大きい値を取る。

- 図16は(B)エッジのみが明るい画像(検査対象パターン画像)の例を示す図であり、図17は図7の3Aの画像から検出したエッジを示す図である。図16においても、ピクセルごとにその輝度値が示されている。また、図17に示すように、エッジはピクセルごとに検出され、ピクセルごとに開始点(サブピクセル精度)、方向(0~180度)、および振幅の情報が得られる。
- 15

(マッチング)

- 次に、検査部12は、検査対象パターン画像のエッジを膨張させて、膨張エッジを求める(ステップS312)。本実施形態においては、電気特性的に許される許容パターン変形量分膨張させている。この段階では許容パターン変形量は正の整数である。この値は、(R2)許容パターン変形量の-側の限界および+
- 20
- 側の限界が異なる場合は、絶対値の大きい方を整数化した値である。許容パターン変形量分膨張させることにより、電氣的に許容される範囲内での形状差を許容してマッチングすることができる。

- 図18は1次元の検査対象パターン画像のエッジ振幅の例を示す図であり、図19は図18のエッジを膨張させた例を示す図である。図18および図19では、説明を簡単にするために、1次元で各ピクセルの持つエッジ振幅がスカラー値を持つ場合の例を示している。許容パターン変形量内の変形を同等に扱う
- 25

図 28 は 2 次元の検査対象パターン画像のエッジベクトルの例を示す図であり、図 29 および図 30 は図 28 のエッジベクトルを膨張させた例を示す図である。図 29 は図 19 と同様の膨張を行った場合の結果を示し、図 30 は図 23 と同様の膨張を行った場合の結果を示す。膨張は x 、 y 成分ごとに行っている。

検査部 12 は、膨張エッジ（検査対象パターン画像のエッジを膨張させたエ
10 ッジ）と基準パターンエッジとを比較して、検査対象パターン画像と基準パ
ターンとのピクセル単位でのマッチングを行う（ステップ S314）。

本実施形態においては、後で述べるように、サブピクセル精度でのマッチングを行うので、ここでは高速化を目的としてピクセル単位でのマッチングを行う。したがって、図31は図11をピクセル単位で表記したものである。

15 本実施形態におけるマッチングでは、検査対象パターン画像に対して基準パターンをピクセル単位で上下左右にシフトして、評価値 F_0 が最大になる位置をマッチング位置とする（図32）。本実施形態においては、以下のように、基準パターンのエッジが存在するピクセルにおける膨張エッジの振幅の総和を評価値 F_0 としている。

$$F_0(x_s, y_s) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} |E(x, y)| |R(x + x_s, y + y_s)|$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq x_s \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq y_s \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

$$F_0(x_S, y_S) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} |E(x, y)| R(x + x_S, y + y_S) |$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq x_S \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq y_S \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

ここで、 $\mathbf{E}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ は、膨張エッジの振幅をその大きさとして持ち、膨張エッジの方向をその方向として持つエッジベクトルである。エッジの存在しない場所

では $E(x, y)$ の大きさは 0 である。 $R(x+xs, y+ys)$ は、基準パターンのエッジ方向をその方向として持つエッジベクトルである。ただし、 $R(x+xs, y+ys)$ の大きさは、エッジの存在する場所で 1 であり、エッジの存在しない場所で 0 である。ここで、 (xs, ys) は基準パターンのエッジのシフト量 S_1 である。

- 5 F_0 の計算において $R(x, y)$ が 0 でないピクセルのみを記憶すれば、高速に計算が行え、記憶領域が少なくすむ。ピクセル振幅値総和を評価関数として残差逐次検定法 (SSDA: Sequential Similarity Detection Algorithm) で使われている高速計算の打ち切りを用いれば計算がさらに高速化される。
- 10 図 3 3 および図 3 4 は、図 2 9 と図 3 1 とを重ね合わせた図である。図 3 3 において、ピクセル 2 5 4 は、図 2 9 のピクセル 2 5 1 および図 3 1 のピクセル 2 5 2 に対応する。図 3 4 においては、図 3 3 の状態から検査対象パターン画像を右に 1 ピクセル、下に 1 ピクセルシフトさせて重ね合わせを行っている。したがって、ピクセル 2 5 5 は、図 2 9 のピクセル 2 5 1 および図 3 1 のピクセル 2 5 3 に対応する。評価値 F_0 を用いる場合には、エッジの存在するピクセルが重なり合う度合いが大きいほど、評価値が高くなる。評価値 F_0 を用いる場合には、図 2 5 ~ 図 2 7 で示したような膨張処理を行えばよい。なお、評価値 F_0 は、(A)、(B) いずれの画像にも適応可能である。
- 15

- 20 本実施形態においては、上記評価値 F_0 を用いているが、他の評価値を用いることもできる。例えば、(A) パターン内部と下地との間にコントラストがある画像の場合には、以下の評価値 F_a を用いることが考えられる。

$$F_a(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} E(x, y) \cdot R(x + xs, y + ys)$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

図 3 7 A は基準パターンの例を示す図であり、図 3 7 B は図 3 7 A の基準パターン（実線）および検査対象パターン画像（点線）の例を示す図である。図 3 7 A に示す基準パターンは周期的なパターンであるが、1 ヶ所隙間がある。

- 5 このような基準パターンと検査対象パターン画像とのマッチングを行う際に、
図37Bに示すように、両パターンがずれていても、隙間の部分以外は一致す
るので、マッチングの評価値は高くなってしまう。そこで、この隙間の部分の
重み付けを大きくして、検査対象パターン画像の隙間と基準パターンの隙間と
が一致しない場合にはマッチング評価値が大きく低下するようにすることが考
えられる。

10 えられる。

重み付けの手順としては、まず自己相関法でパターンの周期を求める。次に、もとのパターンと一周期ずらしたパターンを比較してもとのパターンにあって1周期ずらしたパターンにないものを求める。そして、求めたパターンをユニークパターンとして認識し、それ以外のパターンよりマッチングに寄与する度合い（重み付け）を強くする。寄与する度合いを表現するために基準パターンの振幅に経験値（1以上）を使う。この値は固定値もしくは、 $\text{固定値} \div \text{全パターン中のユニークパターンの比率}$ などが有効である。

- 15 合い（重み付け）を強くする。寄与する度合いを表現するために基準パターン
の振幅に経験値（1 以上）を使う。この値は固定値もしくは、固定値÷全パ
ターン中のユニークパターンの比率などが有効である。

マッチングを行い、最大の評価値をとるシフト量 $S_1 = (x_s, y_s)$ が求まったら、 S_1 の分だけ基準パターンをシフトさせる。以後の処理は、このシフトを行った状態で行う。

- 20 を行った状態で行う。

シフト量 S_1 は検査結果として、表示装置 5 および印刷装置 6 に出力することができる。

マッチングが終わった後、検査対象パターン画像の2値化を行う。2値化は、エッジ振幅について、レシピ内のエッジ検出パラメータの一つ（しきい値）で有無の判断を付けることにより行う。2値化の方法としては、基準パターンのエッジに相当するピクセル数 $\times p$ （通常0.9～1.1程度）が1になるように、検査対象パターン画像のエッジ画像を2値化する方法（pタイル法）もある。

- 25 有無の判断を付けることにより行う。2 値化の方法としては、基準パターンの
エッジに相当するピクセル数 $\times p$ （通常 0.9～1.1 程度）が 1 になるよう
に、検査対象パターン画像のエッジ画像を 2 値化する方法（p タイル法）もあ

(第1の検査)

次に、検査部 12 は、第 1 の検査を行う。具体的には、パターン変形量の計算、および欠陥検出を行う。

- 5 検査部 12 は、まず、検査対象パターン画像のエッジと基準パターン
のエッジとの対応づけを行う（ステップ S 318）。

エッジの位置は、サブピクセル精度で扱われる。したがって、エッジ間の距離もサブピクセル精度で得られる。方向については、たとえば右方向を0度として0～360度の値として決定される。

- 基準パターンの各エッジピクセルについて、(R2)に相当する許容パターン変
形量の距離内にある検査対象パターン画像のエッジピクセルを探す。そして、
検出されたエッジの中で基準パターンのエッジとの方向差が(R2)のエッジの許
容方向差以下のものを、許容変形内のエッジとして対応づける。すなわち、本
実施形態においては、マッチングを行った検査対象パターン画像のエッジと基
準パターンのエッジとの距離、および両エッジの方向を考慮して対応づけを行
っている。対応づけた両エッジ間のベクトル $d(x, y)$ は、パターン変形量
を求めるのに用いることができる。

なお、対応づけの候補が複数存在する場合は、距離が小さく、方向差が小さい候補を優先して対応づける。

- 図 3 8 は、検査対象パターン画像のエッジと基準パターンのエッジとの対応づけの例を示す図である。図 3 8 においては、方向を示すために、エッジを矢印で示している。図 3 8 の例では、基準パターンエッジを含む各ピクセルにおいて、基準パターンエッジの中心から、エッジ方向と垂直な方向に検査対象パターンエッジを探していくことにより、対応づけを行っている。距離が許容パターン変形量内であり、かつ、方向の差がエッジの許容方向差以下である検査対象パターンエッジが見つければ、両エッジを対応づける。図 3 8 においては、対応づけた両エッジ間のベクトル $d(x, y)$ が参考のた

- 5 欠陥領域を認識する手法としては、対応づけできなかった検査対象パターン
画像のエッジから領域を認識し、これを欠陥領域として認識する手法（認識手
法A）が考えられる。これは、明確なエッジをもった欠陥検出に有効である。
ただし、エッジの不明瞭な欠陥検出に対しては弱いので、このような場合には、
対応づけられた検査対象パターン画像のエッジから領域を認識し、その領域に
10 おけるピクセル輝度値の分布が非一様である部分を欠陥領域として認識する手
法（認識手法B）が適している。すなわち、輝度値分布の異常から欠陥を認識
するものである。

認識手法Aでは、対応づけができなかった検査対象パターン画像のエッジ（例えば、図39Aのエッジ61～67、69および75）のピクセルは、欠陥として認識される。検査部12は、これらのピクセルを膨張させ、ピクセルどうしを連結する。このようなビットマップ（2値化画像）を膨張させる処理としてモフォロジーと呼ばれる処理が知られている。次に、ラベリング処理で連結されたピクセルを固まり1領域としてそれぞれ認識する。ここで、ラベリング処理とは、4近傍もしくは8近傍で連結しているピクセルに同一の値を書き込み、連結ピクセル群を生成する方法である。連結していないピクセルには別の値を与えることで、連結ピクセル群を区別できる。この固まりの領域として分離できた単位で異物とし、その外形を認識する。外形から内側のピクセルをペイント処理で塗りつぶす。これらのピクセルを欠陥として、欠陥の重心、大きさを計算する。

- 25 認識手法Bでは、対応づけが行われた検査対象パターン画像のエッジを連結して領域とする。その内外領域でそれぞれ、境界（エッジ）を除いた部分をピクセルの固まりとして求める。そのピクセルの固まりの内外領域について、最

図 4 1 は、検査対象パターン画像の例を示す図である。破線 2 0 1 は検査対象パターン画像のエッジを示す。破線 2 0 1 の両サイドの実線 2 0 2、2 0 3 は、エッジを指定幅太らせた線分であり、実線 2 0 2、2 0 3 で囲まれた部分をエッジ領域と認識する。下地 2 0 4 とパターン内部 2 0 5 の輝度値は、およそ正規分布をなす。

図 4 2 に示すように、 $\pm 3 \sigma$ 程度を越した部分 D は異物である可能性が高い。D にはノイズも含まれるが、ノイズは領域内に比較的均一に存在する一方、異物は固まって存在する。D の輝度値を持つピクセルを 1、それ以外の輝度値を持つピクセルを 0 とした 2 値化マップを作成する。指定された大きさ（例えば 2×2 ピクセル）以下の 1 を持ったピクセルの固まり（例えば、図 4 1 のピクセルの固まり 2 0 7）を消去する。ミディアンフィルタやモフォロジーフィルタが利用できる。この大きさは検出したい異物の大きさを考慮した経験値である。残った 1 を持ったピクセルの固まり（例えば、図 4 1 のピクセルの固まり 2 0 6）を異物とみなす。

欠陥種認識部 14 は、以下のように欠陥種自動分類を行うことができる。すなわち、欠陥と認識されたピクセルの固まりの幾何学的特徴量を得る。これにより、まるい、細長いなど欠陥の形状的特徴を把握することができ、まるければ異物、細長ければスクラッチなどと判断をつけることができる。欠陥と認識されたピクセルをパターンの内側、外側、境界の 3 部分に区分する。これらの各部分ごとに、最初に得られた検査対象パターン画像のピクセル輝度値を使っ

た特徴量を得る。ここで得られる特徴量により、たとえば幾何学的特徴量から異物と判断される場合に、その異物が金属片であるか有機物（たとえば人間のあか）であるかなどの判断をつけることができる。すなわち、異物が金属であれば反射が強いため明るく、有機物であれば暗いということで種類を判別する

5 ことができる。また、パターンの内部にあって異物と認識されたピクセルの輝度の変動が大きい場合は、当該異物がパターンの上に存在している可能性が高いと判断され、逆に、輝度の変動が小さい場合は、当該異物がパターンの下に存在している可能性が高いと判断される。これは、従来のダイ・ツー・ダイ法では困難な処理である。これらの特徴量を使い、良く知られた分類法で欠陥種

10 を判定する。その分類法としては、欠陥種参照画像データベースとの比較をk最短距離法で行って判別する手法が有効である。

このような欠陥種自動分類は、従来行われている光学方式、SEM方式のADC (Automatic Defect Classification) に準じた方法であるが、設計データを使う本発明の方法によれば、パターンの内部と外部の区別が明確になるので、各部分の特徴量が正確にとらえられ、分類精度が向上する。

次に、検査部 12 は、対応づけを行った検査対象パターン画像のエッジと基準パターンエッジとの関係からパターン変形量を求める（ステップ S330）。パターン変形量は、欠陥検出の結果、欠陥が検出されなかった部分について求める。そして、パターン変形量を出力部 13 を介して表示装置 5 および印刷装置 6 に出力する（ステップ S332）。

パターン変形量としては、画像全体から得られるパターン変形量と、パターンの属性ごとに得られるパターン変形量とが考えられる。

画像全体から得られるパターン変形量としては、例えば、位置ずれ量、倍率変動量、および線幅の太り量が考えられる。

25 位置ずれ量は、対応づけられたエッジ間のベクトル $d(x, y)$ の平均値として求められる。これは $S_1 = (x_s, y_s)$ のサブピクセル精度でのシフト量（補正量） S_2 となる。このシフト量 S_2 に基づいてピクセル単位でのマッチングで

x方向の倍率変動量を求めるには、縦方向の基準パターンに関するベクトル $d(x, y)$ のx成分を回帰直線 $D(x)$ で近似して回帰直線を求める。そして、回帰直線の勾配をx方向の倍率変動量とする。y方向の倍率変動量についても同様である。

図4-3Aは、基準パターンのエッジ（破線）、および検査対象パターン画像のエッジ（実線）の例を示す図であり、図4-3Bは、図4-3Aに示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す図である。ベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x) = ax + b$ で近似すると、傾き a が倍率変動量に相当する。図4-3Aの例では、検査対象パターン画像のパターンが基準パターンよりも全体に大きいことがわかる。

図4 4 Aは、基準パターンのエッジ（破線）、および検査対象パターン画像のエッジ（実線）の別の例を示す図であり、図4 4 Bは、図4 4 Aに示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す図である。図4 4 Aの例では、検査対象パターン画像のパターンが基準パターンよりも全体に大きいことに加えて、線（ライン）の幅が太っている。図4 4 Aにおいて、基準パターンのライン（配線）1 2 1、1 2 2、1 2 3は、それぞれ検査対象パターン画像のパターンのライン1 2 4、1 2 5、1 2 6に対応する。

x方向の線幅の太り量は、例えば、 $\text{sign}(x, y_0) \cdot \{d(x, y_0) \text{ の } x \text{ 成分} - D(x)\}$ の平均値として求めることができる。ここで、 $\text{sign}(x, y_0)$ は、 (x, y_0) の位置がラインの左端であれば-1をとり、ラインの右端
25 であれば1をとる。なお、線幅の太り量に関して、 $\text{sign}(x, y_0) \cdot \{d(x, y_0) \text{ の } x \text{ 成分} - D(x)\}$ の分散を求めれば、線幅のばらつき指標が得られる。

次に、パターンの属性ごとに得られるパターン変形量について説明する。パ

基準パターンにパターンの属性を自動的に付加することができる。ただし、属性の付加は手動によって行うこともできる。パターンの属性を付加（抽出）するためのルールは、(R4)としてレシピ作成時に設定する。

図46Aは、先端の位置ずれ量を示す図である。先端の位置ずれ量は、図4
10 6Aに示すように、基準パターンのエッジ164から、検査対象パターン画像
のエッジ163までの距離（基準パターンのエッジに対し垂直方向）である。
先端の位置ずれ量として、例えば、検査対象パターン画像のエッジ163にお
いて基準パターンのエッジ164に最も近い点と、基準パターンのエッジ16
4との距離を測定することができる。

15 また、図 4 6 B に示すように、任意の幅をもった区間 1 5 7 について複数測定した距離の平均値、最大値、最小値、中央値、標準偏差などを、先端の位置ずれ量としてもよい。

図4 6 Aおよび図4 6 Bでは、先端の位置ずれ量について説明したが、長い配線、コーナー、属性と属性の結合部分などについても、同様に位置ずれ量を測定できる。また、例えばコーナーは、コーナーの成す角度の半分の角度もしくは指定した角度を持つ方向での位置ずれ量を測定することができる。

図47は、孤立パターンの重心の位置ずれ量を示す図である。重心の位置ずれ量は、(孤立パターンを構成する)基準パターンのエッジ160の重心162と、(孤立パターンを構成する)検査対象パターン画像のエッジ159の重心161との位置ずれ量である。

また、図47において、孤立パターンの特徴量（面積、周囲長、円形度、モーメントなど）の変形量を測定することが考えられる。すなわち、基準パター

ンのエッジ160の特徴量と、検査対象パターン画像のエッジ159の特徴量との差異を測定することが考えられる。

- 図48Aは基準パターンのエッジのコーナーの例を示す図であり、図48Bは検査対象パターン画像のエッジのコーナーの例を示す図である。図48Aに示す基準パターンのエッジ166のコーナーには丸みをつける処理がなされている。コーナーの曲率半径としては、例えば、コーナーの曲線を楕円もしくは円で最小自乗近似して得られた長径、短径もしくは半径を用いることができる。基準パターンのエッジ166のコーナーの曲率半径、および検査対象パターン画像のエッジ165のコーナーの曲率半径を求めることにより、コーナーの曲率半径の変形量を求めることができる。

以上の検査は、一カ所ずつそれぞれ行うのではなく、1撮像範囲内（視野内）の複数の箇所に対し同時（一度の撮像で）に適応することも可能である。

検査項目は、上述のレシピ項目の(R1)求めたいパターン変形量に従い選択される。

- 15 パターンの属性の抽出ルール（上述の(R4)）は各種あるが、その例を図45に従い説明する。コーナーは、所定角度（90度や270度など）で接触する2線分の接点近傍として抽出される。長い配線は、線幅分の間隔離れていて、指定された長さ以上長さを持った並行した2線分として抽出される。先端は、線幅の長さをもつ線分で、その両端に所定長以上の他の線分が90度の角度をもって接している部分として抽出される。孤立パターンは、所定面積以下の閉図形として抽出される。

（第2のエッジ検出）

検査部12は、欠陥検出の結果、欠陥が検出されなかった部分について、検査対象パターン画像から再度エッジを検出する（ステップS334）。

- 25 検査対象パターン画像のエッジ検出は、検査対象パターン画像上に、第2の基準パターンに基づいてプロファイルを求めることにより行う。ここで、第2の基準パターンとしては、図53の点Qの位置をエッジと考えた場合の基準パ

- 5 検査対象パターン画像のエッジ検出を行う前に、上述のシフト量 $S_1 + S_2$ の分だけ第2の基準パターンをシフトさせる。以後の処理は、このシフトを行った状態で行う。

プロファイルからエッジ位置を求めるには、しきい値法、直線近似法など各種開示されているが、本実施形態では、その中のしきい値法を用いて、CD-

- 10 SEMで行っている線幅測長を2次元パターン（検査対象パターン画像）に応用している。ただし、しきい値法を、直線近似法など別の方法に置き換えても同様に処理が可能である。ここで、直線近似法とは、プロファイルを直線で近似し、交点を使ってエッジ位置を特定する方法である。

エッジ検出には、2通りのやり方が考えられる。その1つは、プロフィール
15 を取る方向および位置を、第2の基準パターンに対して予め設定する方法であ
る。

本実施形態において、プロファイル取得区間を予め設定しておく場合には、上述のように、レシピ作成時に行う。この場合、上述のレシピ項目の(R6)プロファイル取得区間を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグがオフとしてあり、プロファイル取得区間が、第2の基準パターンに対して予め設定されていることになる。

プロファイルを取得する区間（プロファイル取得区間）は、(R5)のプロファイル取得区間の長さ、およびプロファイル取得区間とプロファイル取得区間との間隔に基づいて、例えば、図49に示すように、第2の基準パターンを中点として、第2の基準パターンの垂直方向に設定される（図中二重線）。図49に示す第2の基準パターンは、すでに図7を用いて説明したように、コーナー部分に丸みをつける補正がなされている。また、上述の第2の基準パターンの代

第2のエッジ検出処理としては、検査対象パターン画像における上述のプロファイル区間に対応する位置（区間）において、(R5)のプロファイル取得区間5 内で輝度値を調べる間隔に基づいて、プロファイルを作成する。その間隔は通常ピクセル間隔以下の任意の値とし、プロファイル区間の長さはパターンの変形許容量より長い任意の長さとする。プロファイルは、双一次補間、スプライン補間、フーリエ級数などの手法を用いて作成する。

図 5 1 は図 4 9 の一部（B の部分）を拡大した図であり、図 5 2 は図 5 1 の
10 一部（C の部分）を拡大した図である。図中の二重線がプロファイル取得区間
であり、格子の交点はピクセルの位置、黒点は検査対象パターン画像の輝度値
を調べる位置を示す。

双一次補間法とは、図示のように $(0, 0)$ $(0, 1)$ $(1, 0)$ $(1, 1)$ で示されたピクセルの輝度値 $I(0, 0)$ 、 $I(0, 1)$ 、 $I(1, 0)$ 、 $I(1, 1)$ を使って、位置 (x, y) 、 $(0 < x \leq 1, 0 < y \leq 1)$ にある点の輝度値 $I(x, y)$ を次の計算式で計算するものである。

$$I(x, y) = [I(0, 0)(1-x) + I(1, 0)x](1-y) + [I(0, 1)(1-x) + I(1, 1)x]y$$

これにより得られたプロファイルから、しきい値法を適応して第2のエッジ位置を決定する。図5-3に示すように、得られたプロファイルの中の最大輝度値Vとその位置Pを求める。その最大輝度値Vに予め指定された係数kをかけた数値をしきい値Tとし、輝度値=しきい値Tの直線とプロファイル曲線との交点を求める。これらの交点で、点Pからパターンの外側方向にあり、最も点Pに近い交点Qを求める。すべてのプロファイルについて、この交点Qを求め、第2のエッジ位置とする。

係数 k は第 2 のエッジ位置を決定する役割を果たす。すなわち、ウェーハに形成された実際の配線の断面形状は台形状をなすので、そのエッジ位置の管理

WHAT IS CLAIMED IS:

1. 検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、
- 5 前記基準パターンを記憶する記憶手段と、
前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、
前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、
- 10 前記検査の結果を出力する出力手段と
を備えたことを特徴とするパターン検査装置。
2. 請求項 1 に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記検査対象パターン画像のエッジと前記基準パターンのエッジとを比較すること
- 15 により、前記検査対象パターン画像と前記基準パターンとのマッチングを行うことを特徴とするパターン検査装置。
3. 請求項 2 に記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、前記検査対象パターン画像のエッジを膨張させて行うことを特徴とするパターン
- 20 検査装置。
4. 請求項 2 に記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、前記基準パターンのエッジを膨張させて行うことを特徴とするパターン検査装置。
- 25 5. 請求項 2 に記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、各ピクセルにおける前記検査対象パターン画像のエッジの振幅と前記基準パターンのエッジの振幅との積の総和を評価値として行うことを特徴とするパターン

検査装置。

6. 請求項2に記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、各
ピクセルにおける前記検査対象パターン画像のエッジベクトルと前記基準パ
5 ーンのエッジベクトルとの内積の総和、または該内積の絶対値の総和を評価値
として行い、前記エッジベクトルはエッジの振幅をその大きさとして有し、エ
ッジの方向をその方向として有することを特徴とするパターン検査装置。

7. 請求項2に記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、前
10 記基準パターンの部分ごとに重み付けを変えて行うことを特徴とするパターン
検査装置。

8. 請求項1に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記
基準パターンの各ピクセルのエッジを、前記実パターン画像の各ピクセルのエ
15 ッジと対応づけることを特徴とするパターン検査装置。

9. 請求項8に記載のパターン検査装置において、前記対応づけは、前記
基準パターンの各ピクセルのエッジと前記検査対象パターン画像の各ピクセル
のエッジとの距離、および両エッジの方向差を考慮して行うことを特徴とする
20 パターン検査装置。

10. 請求項8に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記
対応づけを行うことができなかった前記検査対象パターン画像のエッジに基づ
き領域を構成し、該領域を欠陥領域として認識することを特徴とするパターン
25 検査装置。

11. 請求項8に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記

対応づけを行うことができた前記検査対象パターン画像のエッジに基づき領域を構成し、該領域のうち輝度の分布が非一様である領域を検出し、該領域を欠陥領域として認識することを特徴とするパターン検査装置。

- 5 1 2. 請求項 1 0 または 1 1 に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記欠陥領域の幾何学的特徴量に基づいて欠陥種を判定することを特徴とするパターン検査装置。

- 10 1 3. 請求項 1 0 または 1 1 に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記欠陥領域の輝度に関する特徴量に基づいて欠陥種を判定することを特徴とするパターン検査装置。

- 15 1 4. 請求項 8 に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記基準パターンに対する、前記検査対象パターンのパターン変形量を計算することを特徴とするパターン検査装置。

- 20 1 5. 請求項 1 4 に記載のパターン検査装置において、前記パターン変形量には、位置ずれ量、倍率変動量、および線幅の太り量の少なくとも 1 つが含まれることを特徴とするパターン検査装置。

- 25 1 6. 請求項 1 4 に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記基準パターンにパターンの属性を付加することを特徴とするパターン検査装置。

- 25 1 7. 請求項 1 に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記検査対象パターン画像上でプロファイルを取り、該プロファイルごとに所定の点を検出し、検出した点に関して曲線近似を行って、前記検査対象パターン画

1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535 2536 2537 2538 2539 2540 2541 2542 2543 2544 2545 2546 2547 2548 2549 2550 2551 2552 2553 2554 2555 2556 2557 2558 2559 2560 2561 2562 2563 2564 2565 2566 2567 2568 2569 2570 2571 2572 2573 2574 2575 2576 2577 2578 2579 2580 2581 2582 2583 2584 2585 2586 2587 2588 2589 2590 2591 2592 2593 2594 2595 2596 2597 2598 2599 2600 2601 2602 2603 2604 2605 2606 2607 2608 2609 2610 2611 2612 2613 2614 2615 2616 2617 2618 2619 2620 2621 2622 2623 2624 2625 2626 2627 2628 2629 2630 2631 2632 2633 2634 2635 2636 2637 2638 2639 2640 2641 2642 2643 2644 2645 2646 2647 2648 2649 2650 2651 2652 2653 2654 2655 2656 2657 2658 2659 2660 2661 2662 2663 2664 2665 2666 2667 2668 2669 2670 2671 2672 2673 2674 2675 2676 2677 2678 2679 2680 2681 2682 2683 2684 2685 2686 2687 2688 2689 2690 2691 2692 2693 2694 2695 2696 2697 2698 2699 2700 2701 2702 2703 2704 2705 2706 2707 2708 2709 2710 2711 2712 2713 2714 2715 2716 2717 2718 2719 2720 2721 2722 2723 2724 2725 2726 2727 2728 2729 2730 2731 2732 2733 2734 2735 2736 2737 2738 2739 2740 2741 2742 2743 2744 2745 2746 2747 2748 2749 2750 2751 2752 2753 2754 2755 2756 2757 2758 2759 2760 2761 2762 2763 2764 2765 2766 2767 2768 2769 2770 2771 2772 2773 2774 2775 2776 2777 2778 2779 2780 2781 2782 2783 2784 2785 2786 2787 2788 2789 2790 2791 2792 2793 2794 2795 2796 2797 2798 2799 2800 2801 2802

5 前記検査対象パターンの画像を入力する入力ステップと、
前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと記憶手段に記憶された前
記基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検
査する検査ステップと、
前記検査の結果を出力する出力ステップと
10 を備えることを特徴とするパターン検査方法。

15 前記検査対象パターンの画像を入力する入力ステップと、
前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと記憶手段に記憶された前
記基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検
査する検査ステップと、
前記検査の結果を出力する出力ステップと
20 を備えることを特徴とする記録媒体。

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

パターン検査装置は、まず、検査対象パターンの画像から第1のエッジを検出する。次に、第1のエッジと第1の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターン画像と基準パターンとのマッチングを行う。マッチングを行った結果、シフト量 S_1 が求まるので、このシフト量 S_1 を用いて第1の基準パターンをシフトする。そして、第1のエッジとシフトした第1の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターンを検査する。この第1の検査では、パターン変形量を求めたり、欠陥を検出したりする。パターン変形量の1つとしてシフト量 S_2 が求まる。次に、検査対象パターン画像から第2のエッジを検出するため、対応する第2の基準パターンをシフト量 $S_1 + S_2$ 分シフトする。シフトした第2の基準パターンを用いて、検査対象パターン画像上でプロファイルを求め、第2のエッジを検出する。そして、第2のエッジとシフトした第2の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターンを検査する。この第2の検査においても、パターン変形量を求めたり、欠陥を検出したりする。パターン変形量の1つとしてシフト量 S_3 が求まる。